

## ENDMILL, AND MACHINING METHOD USING THE SAME

**Publication number:** JP2007229849 (A)

**Publication date:** 2007-09-13

**Inventor(s):** ABE TADAYUKI; SHIBUKAWA TETSUO; HAMADA KENJI; YAMADA YOSHIHIKO +

**Applicant(s):** JTEKT CORP +

**Classification:**

- international: B23C3/16; B23C5/10; B23C3/00; B23C5/10

- European:

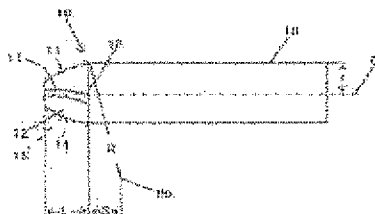
**Application number:** JP20060053210 20060228

**Priority number(s):** JP20060053210 20060228

### Abstract of JP 2007229849 (A)

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide an endmill which can accurately and efficiently machine a three-dimensional recessed curved surface to be used in a jet engine, etc., and further to provide a machining method using the same endmill. ;

**SOLUTION:** A circular arc cutting edge 11 of a cutting edge portion formed on the tip end portion of a shank 13 is formed so as to have a shape to be inscribed to an imaginary body 15 of revolution formed by turning a circular arc 14 about a rotary axis 12. The center of the circular arc is positioned on the shank side so as to separate from the rear end 16 of the circular arc cutting edge by a specified distance. By this configuration, the tilting angle of the rotary axis with respect to the common tangent of the circular arc cutting edge of the endmill 10 and the surface to be machined can be set to be large. Therefore, the shank does not interfere with the edge portion of the recessed curved surface to be machined when, for example, a central flat surface portion of the recessed curved surface to be machined, such as a blade of the jet engine, is being machined by means of the circular arc cutting edge. ; COPYRIGHT: (C)2007,JPO&INPIT



(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2007-229849

(P2007-229849A)

(43) 公開日 平成19年9月13日(2007.9.13)

(51) Int. Cl.	F 1	テーマコード (参考)
<b>B 2 3 C</b> 5/10 (2006.01)	B 2 3 C 5/10	B 3 C 0 2 2
<b>B 2 3 C</b> 3/16 (2006.01)	B 2 3 C 3/16	

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2006-53210 (P2006-53210)  
 (22) 出願日 平成18年2月28日 (2006.2.28)

(71) 出願人 000001247  
 株式会社ジェイテクト  
 大阪府大阪市中央区南船場3丁目5番8号  
 (74) 代理人 100089082  
 弁理士 小林 脩  
 (74) 代理人 100130096  
 弁理士 富田 一穂  
 (72) 発明者 阿部 忠之  
 大阪府大阪市中央区南船場3丁目5番8号  
 株式会社ジェイテクト内  
 (72) 発明者 渋谷 哲郎  
 大阪府大阪市中央区南船場3丁目5番8号  
 株式会社ジェイテクト内

最終頁に続く

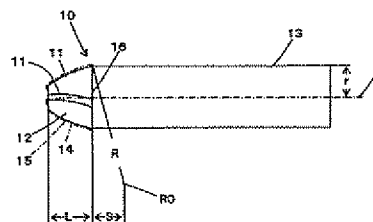
(54) 【発明の名称】 エンドミル及びそれを用いた加工方法

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】ジェットエンジン等の凹曲面を高い面精度に切削能率よく3次元曲面加工することができるエンドミル及びそれを用いた加工方法を提供する。

【解決手段】シャンク13先端に形成された切れ刃部の円弧切れ刃11が円弧14を回転軸線12回りに回転させた仮想回転体15に内接する形状に形成され、該円弧の中心が、円弧切れ刃の後端16より所定量シャンク側に位置されている。これにより、かかるエンドミル10の円弧切れ刃と被加工面との共通接線に対する回転軸線の傾斜角度を大きくすることができるので、ジェットエンジンブレードのような被加工凹曲面の例えば中央水平面部が円弧切れ刃により加工されているときに、シャンクが被加工凹曲面の縁部と干渉することがない。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項1】

円弧が回転軸線回りに回転された仮想回転体に内接する形状の複数の円弧切れ刃を有する切れ刃部と、該切れ刃部から前記回転軸線と同軸に後方に突出されたシャンクとを備えたエンドミルにおいて、

前記円弧の中心が前記円弧切れ刃の後端より所定量シャンク側に位置するとともに、前記円弧の半径が前記仮想回転体の最大半径より大きいことを特徴とするエンドミル。

## 【請求項2】

請求項1において、前記仮想回転体の前記円弧切れ刃後端での外径が、前記シャンクの外径より大きくなるように前記切れ刃部が形成されていることを特徴とするエンドミル。

## 【請求項3】

工作物を保持するワークテーブルに対して直交3直線軸方向に相対移動可能かつ少なくとも一つの回転軸回りに相対回転可能に装架された主軸ヘッドと、該主軸ヘッドに回転駆動可能に軸承され先端に工具を保持する主軸と、前記主軸ヘッドの前記直交3軸方向の直線移動および前記回転軸回りの回転移動を数値制御する数値制御装置と、を備えた数値制御工作機械において、

前記主軸に請求項1又は請求項2に係るエンドミルを同軸に保持させ、

前記エンドミルにより加工される被加工凹曲面と前記仮想回転体とが前記円弧切れ刃部分で接するように前記主軸ヘッドを前記ワークテーブルに対して数値制御して移動させ、

前記工作物の被加工凹曲面を前記エンドミルの円弧切れ刃により加工することを特徴とするエンドミルを用いた加工方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、ジェットエンジンブレード等の3次元凹曲面を加工するのに適したエンドミル及びそれを用いた加工方法に関するものである。

## 【背景技術】

## 【0002】

従来、ジェットエンジンブレードのような凹曲面形状を5軸数値制御工作機械により加工する場合、シャンクの先端にシャンクと同径の半球状の切れ刃部が形成されたボールエンドミルが使用されている。また、特許文献1には、特許文献1の図2、3に示されるように、エンドミル本体1の一端に円弧状の切れ刃4を軸線方向に備え、他端にはシャンク7を備えたソリッドエンドミルにおいて、円弧状の切れ刃の円弧半径を刃径の0.6倍ないし3倍とする円弧刃エンドミルが記載されている。

## 【0003】

この円弧刃エンドミルによれば、工作物を加工する円弧状の切れ刃の半径がシャンクの半径より大きいので、ピック送り量を大きくしてピックフィード加工しても、ピック送り量に応じて生じるカスプ高さが小さくなり、特に金型等の勾配の険しい斜面を切削能率よく加工することができる。

【特許文献1】特開平11-156621号公報(第2頁、図2、3)

## 【発明の開示】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0004】

上述の円弧刃エンドミルでは、特許文献1の段落〔0006〕に記載されているように、円弧半径をエンドミル直径の0.6倍とした場合、エンドミル軸と平行から30度程度の傾斜面を余裕を持って切削することができる。

## 【0005】

しかしながら、かかる円弧刃エンドミルでは、特許文献1の図3に示されているように、円弧刃4の円弧の中心が、円弧刃4の後端においてエンドミル軸と直交する直線上に位置するので、円弧刃4と被加工面との共通接線に対するエンドミル軸の傾斜角度を大きく

とすることができない。従って、該円弧刃エンドミルを主軸を工作物に対して相対的に傾斜させる回転軸を有する数値制御工作機械の主軸に装着し、ジェットエンジンブレードのような凹曲面の加工に使用すると、図8に示すように、円弧刃4が凹曲面の中央水平面部を加工するときにシャンク7が凹局面の縁部と干渉する問題が生じる。つまり、該円弧刃エンドミルは、主軸が工作物に対して常に直交している3軸数値制御工作機械で用いることを前提とするものであり、主軸を工作物に対して相対的に傾斜させる回転軸を有する数値制御工作機械での使用には適さない。

【0006】

本発明に係る点に鑑みてなされたもので、ジェットエンジン等の凹曲面を高い面精度に切削能率よく3次元曲面加工することができるエンドミル及びそれを用いた加工方法を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記の課題を解決するため、請求項1に係る発明の構成上の特徴は、円弧が回転軸線回りに回転された仮想回転体に内接する形状の複数の円弧切れ刃を有する切れ刃部と、該切れ刃部から前記回転軸線と同軸に後方に突出されたシャンクとを備えたエンドミルにおいて、前記円弧の中心が前記円弧切れ刃の後端より所定量シャンク側に位置するとともに、前記円弧の半径が前記仮想回転体の最大半径より大きいことである。

【0008】

請求項1において、前記仮想回転体の前記円弧切れ刃後端での外径が、前記シャンクの外径より大きくなるように前記切れ刃部が形成されていることである。

【0009】

請求項3に係る発明の構成上の特徴は、工作物を保持するワークテーブルに対して直交3直線軸方向に相対移動可能かつ少なくとも一つの回転軸回りに相対回転可能に装架された主軸ヘッドと、該主軸ヘッドに回転駆動可能に軸承され先端に工具を保持する主軸と、前記主軸ヘッドの前記直交3軸方向の直線移動および前記回転軸回りの回転移動を数値制御する数値制御装置と、を備えた数値制御工作機械において、前記主軸に請求項1又は請求項2に係るエンドミルを同軸に保持させ、前記エンドミルにより加工される被加工凹曲面と前記仮想回転体とが前記円弧切れ刃部分で接するように前記主軸ヘッドを前記ワークテーブルに対して数値制御して移動させ、前記工作物の被加工凹曲面を前記エンドミルの円弧切れ刃により加工することである。

【発明の効果】

【0010】

上記のように構成した請求項1に係る発明においては、シャンク先端に形成された切れ刃部の円弧切れ刃が、円弧を回転軸線回りに回転させた仮想回転体に内接する形状に形成され、該円弧の中心が、円弧切れ刃の後端より所定量シャンク側に位置している。これにより、かかるエンドミルの円弧切れ刃と被加工面との共通接線に対する回転軸線の傾斜角度を大きくすることができるので、ジェットエンジンブレードのような被加工凹曲面の例えば中央水平面部が円弧切れ刃により加工されているときに、シャンクが被加工凹曲面の縁部と干渉することがない。さらに、円弧切れ刃が内接する仮想回転体の円弧の半径が、仮想回転体の最大半径より大きいので、エンドミルが被加工凹曲面の両端の間を各端でピックアップされて回転軸線と直角方向に往復移動され、円弧切れ刃により被加工凹曲面を加工するとき、切削能率を高くするためにピックアップ量を大きくしても、高い面精度を得ることができる。

【0011】

上記のように構成した請求項2に係る発明においては、複数の円弧切れ刃が内接する仮想回転体の円弧切れ刃後端での外径が、シャンクの外径より大きいので、エンドミルが被加工凹曲面の両端の間を回転軸線と直角方向に送り移動されるときに、回転軸線回りに回転する各円弧切れ刃により切り残されるカスプの高さが小さくなり、送り移動速度を速くして切削能率を高くしても、被加工凹曲面を高い面精度に加工することができる。

## 【0012】

さらに、円弧切れ刃後端での外径がシャンクの外径より大きい仮想回転体に内接する円弧切れ刃で加工するので、切れ刃部を工作物に向かって切り込む切込み量を多くしても、シャンクが工作物と干渉することがなく、加工能率を向上することができる。

## 【0013】

上記のように構成した請求項3に係る発明においては、請求項1又は請求項2に係るエンドミルが、円弧切れ刃が内接する仮想回転体と被加工凹曲面とが円弧切れ刃部分で接するように工作物に対して数値制御により移動されるので、ピック送り量を大きくして被加工凹曲面を高い切削能率で高い面精度に加工できるとともに、円弧切れ刃が、例えば被加工凹曲面の中央水平面部を加工しているときに、シャンクが被加工凹曲面の縁部と干渉することがない。

## 【発明を実施するための最良の形態】

## 【0014】

以下、本発明に係るエンドミル及び該エンドミルを用いた加工方法の実施形態を図面に基づいて説明する。図1において、エンドミル10は、複数、例えば4枚の円弧切れ刃11が回転軸線Oの回りにねじれて形成された切れ刃部12を備え、切れ刃部12からシャンク13が回転軸線Oと同軸に後方に突出されている。各円弧切れ刃11は回転軸線方向に長さLを有し、各円弧切れ刃11の外周縁が円弧14を回転軸線Oの回りに回転させた仮想回転体15に内接する形状に形成されている。

## 【0015】

円弧切れ刃11は、シャンク13側の後端16でシャンク13の外周面と交差し、円弧14の中心ROIは、円弧切れ刃11の後端16より所定量Sだけシャンク13側に位置されている。そして、円弧14の半径Rは、仮想回転体15の最大半径rとなるシャンク13の半径より大きくされている。

## 【0016】

これにより、図2に示すように、エンドミル10の円弧切れ刃11と被加工面との共通接線に対する回転軸線Oの傾斜角度 $\alpha$ を大きくすることができるので、ジェットエンジンブレードのような工作物Wの被加工凹曲面17の中央水平面部を円弧切れ刃11が加工しているときに、シャンク13が被加工凹曲面17の縁部18と干渉することがない。さらに、図3に示すように、円弧切れ刃11が内接する仮想回転体15の円弧14の半径Rが仮想回転体15の最大半径より大きいので、エンドミル10が被加工凹曲面17の両端の間を各端でピック送りされて回転軸線Oと直角方向に往復移動され、被加工凹曲面17が円弧切れ刃11により加工されるとき、切削能率を高くするためにピック送り量Pfを大きくしても、円弧切れ刃11により切り残されるカスプ19の高さhが小さくなり、高い面精度を得ることができる。円弧切れ刃11の半径がR、ピック送り量がPfである場合、カスプ19の高さhは、式 $R^2 = (R-h)^2 + (Pf/2)^2$  から算出することができる。

## 【0017】

シャンク13の直径Dが20mmの場合、円弧14の半径Rは、 $0.6D=12\text{mm}$ 、 $1.0D=20\text{mm}$ 、 $1.5D=30\text{mm}$ 、 $3.0D=60\text{mm}$ 、 $5D=100\text{mm}$ 等にすることができる。特に、円弧14の半径Rを100mmとし場合、円弧14の半径Rが従来の切れ刃部が半球状のエンドミルの切れ刃部の半径の10倍となるので、被加工凹曲面17を高い切削能率で高い面精度に加工できるとともに、円弧切れ刃11が被加工凹曲面17の中央水平面部を加工しているときに、シャンク13が被加工凹曲面17の縁部18と干渉することがない。

## 【0018】

なお、円弧切れ刃11の後端16に続いて逃げ切れ刃をシャンク13の先端部に形成してもよい。この場合、切れ刃部12は、円弧切れ刃11と逃げ切れ刃により構成される。

## 【0019】

図4に示すエンドミル21においては、円弧切れ刃11が内接する仮想回転体15の円弧切れ刃後端16での外径が、シャンク13の外径より大きくなるように円弧切れ刃11

が形成されている。他の構成はエンドミル10と同じであるので、同一要素に同一参照番号を付して説明を省略する。

【0020】

これにより、エンドミル21が被加工凹曲面17の両端の間を回転軸線Oと直角方向に送り移動されるときに、回転軸線O回りに回転する各円弧切れ刃11により切り残されるカusp20の高さhが小さくなり、送り移動速度vを速くして切削能率を高くしても、被加工凹曲面を高い面精度に加工することができる(図5参照)。さらに、円弧切れ刃11後端での外径 $2 \times r$ が、シャンク13の外径より大きい仮想回転体15に内接する円弧切れ刃11で加工するので、円弧切れ刃11の後端における仮想回転体15の回転軸線Oと直角な断面での半径rが、主軸10に装着可能な最大シャンクの半径より大きい円弧切れ刃11で加工することができ、切れ刃部12を工作物Wに向かって切り込む切込み量を多くしても、シャンク13が工作物Wと干渉することがなく、加工能率を向上することができる。

【0021】

エンドミル10、21において円弧切れ刃11の前端部及び後端部に、各端部での仮想回転体15の半径より小さい半径の円弧部を設けることにより円弧切れ刃11の端部の剛性を向上することができる。

【0022】

次に、エンドミルを5軸数値制御工作機械の主軸先端に同軸に保持し、エンドミルにより加工される工作物の被加工凹曲面と仮想回転体とが円弧切れ刃部分で接するように、主軸が軸承された主軸ヘッドが工作物を保持する回転テーブルに対して5軸数値制御により相対移動され、被加工凹曲面をエンドミルの円弧切れ刃11により加工するエンドミルを用いた加工方法について説明する。

【0023】

図6において、5軸数値制御工作機械22のベッド23上にはコラム24が水平面内でZ軸方向に移動可能に支承され、ベッド23に回転可能に軸承された送りネジを有する送りネジ機構及び送りネジを回転駆動するサーボモータ25によりZ軸方向に往復移動される。コラム24には、主軸ヘッド26が上下のY軸方向に移動可能に支承され、一対のサーボモータ27及び図略の送りネジ機構によりY軸方向に移動される。主軸ヘッド26には先端にエンドミル10又は21を着脱自在に保持する主軸28がZ軸方向に軸承され、図略の主軸モータにより回転駆動される。

【0024】

ベッド23にはテーブル29がコラム24と対向してX軸方向に水平面内で移動可能に装架され、一対のサーボモータ30及び図略の送りネジ機構によりX軸方向に往復移動されるようになっている。テーブル29上にはチルトテーブル31がX軸と平行なA軸回りに回転可能に支承され、サーボモータ32により旋回駆動される。チルトテーブル31上には、ワークを保持するワークテーブルとしての回転テーブル33が回転可能に支承され、図略のサーボモータによりB軸回りに回転されるようになっている。回転テーブル33にはワークWが取付けられるパレット35が着脱可能に装着されている。数値制御装置34は、サーボモータ25、27、30の回転を数値制御してコラム24、主軸ヘッド26、テーブル29をX、Y、Z軸方向に直線移動させ、サーボモータ32等の回転を数値制御してチルトテーブル31、回転テーブル33をA、B軸回りに回転移動させる。このようにして主軸ヘッド26は、工作物Wを保持するワークテーブルである回転テーブル33に対して直交3直線軸方向に相対移動可能かつ直交2回転軸回りに相対回転可能にベッド23上に装架されている。

【0025】

エンドミル10又は21により工作物Wの被加工凹曲面17を加工する場合、5軸数値制御工作機械22の主軸28の先端に例えばエンドミル10が同軸に保持され、回転テーブル33上に工作物Wが保持される。

【0026】

数値制御装置34は、エンドミル10の円弧切れ刃11が内接する仮想回転体15が被加工曲面17と円弧切れ刃11部分で接するように主軸ヘッド26と回転テーブル33とを5軸制御により相対移動させながら、テーブル29をX軸方向に往復移動させる。即ち、数値制御装置34は、図7に示すように、被加工凹曲面17のX-Z平面による断面曲線上の点Pの接線の傾き $\beta$ (図7参照)及び該接線と直角方向の接線の傾きに拘わらず、エンドミル10の仮想回転体15が点Pで被加工凹曲面17と接するように、サーボモータ25, 27, 30, 32等を数値制御してコラム24、主軸ヘッド26、テーブル29を直線移動させ、チルトテーブル31、回転テーブル33回転移動させる。

【0027】

そして、数値制御装置34は、エンドミル10が被加工凹曲面17のX軸方向の両端部に到達する度に主軸ヘッド26と回転テーブル33との相対移動を同時5軸制御して円弧切れ刃11を被加工凹曲面内でX軸と直角方向にピックフィード量Pfだけ移動させる。

【0028】

このように、円弧切れ刃11が内接する仮想回転体15と被加工凹曲面17とが円弧切れ刃11部分で接するように、エンドミル10が工作物Wに対して5軸数値制御により移動されるので、ピック送り量Pfを大きくして被加工凹曲面17を高い切削能率で高い面精度に加工することができるとともに、円弧切れ刃11が被加工凹曲面17の例えば中央水平面部を加工しているときに、シャンク13が被加工凹曲面17の縁部18と干渉することがない。

【0029】

上記実施の形態では、主軸ヘッドとワークテーブルの相対的なX、Y、Z軸方向の直線移動及びA、B軸回りの回転移動を数値制御する5軸数値制御工作機械に本エンドミルを使用して加工を行っているが、本エンドミルを使用する数値制御工作機械としては、主軸ヘッド26がさらにX軸と平行な回転軸回りに数値制御により回転移動可能な6軸数値制御工作機械でもよく、さらに主軸が主軸ヘッドに対して数値制御により進退移動される7軸数値制御装置でもよい。また、主軸ヘッドとワークテーブルのX、Y、Z軸方向の直線移動及びB軸回りの回転移動を数値制御する4軸数値制御工作機械で本エンドミルを用いて加工してもよい。

【0030】

また、例えば、上記の5軸数値制御工作機械22では、ワークテーブルを2軸回りに回転させる回転機構を設けて、エンドミル10、21とワークWとを相対回転可能としているが、主軸ヘッドを2軸回りに回転させる2軸回転機構を設けてもよい。更に、ワークテーブルを回転させる1軸回転機構、主軸ヘッドを回転させる1軸回転機構を設ける構成としてもよい。

【0031】

上記の5軸数値制御工作機械では、主軸ヘッドとワークテーブルは、直線案内機構によりX、Y、Z軸方向に直線移動され、回転機構によりA、B軸回りに回転移動されるが、ワークテーブルに対して主軸ヘッドが、円周方向等角度位置で3組の平行リンク機構により支持され、各平行リンク機構がサーボモータにより駆動されることによって、主軸ヘッドがワークテーブルに対して直交3直線軸方向に相対移動されるとともに2回転軸回りに回転移動されるようにしてもよい。さらに、多関節ロボットのアーム先端に主軸ヘッドが装着され、主軸ヘッドが直交3直線軸方向に移動され、かつ2回転軸回りに回転されるようにしてもよい。

【図面の簡単な説明】

【0032】

【図1】本実施の形態に係るエンドミルを示す図。

【図2】エンドミルの円弧切れ刃と被加工面との共通接線に対する回転軸線の傾斜角度を示す図。

【図3】円弧切れ刃の円弧に基づくカスパを示す図。

【図4】エンドミルの他の実施形態を示す図。

【図5】エンドミルの直径に基づくカスプを示す図。

【図6】5軸数値制御工作機械を示す斜視図。

【図7】エンドミルと被加工凹曲面との位置関係を示す図。

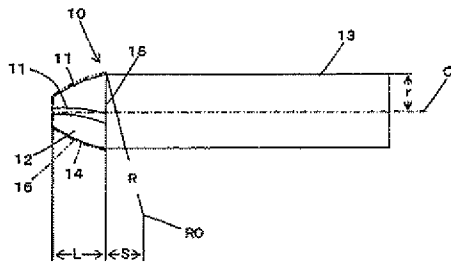
【図8】従来の円弧刃エンドミルで凹曲面の中央水平面部を加工するとシャンクが凹局面の縁部と干渉することを示す図。

【符号の説明】

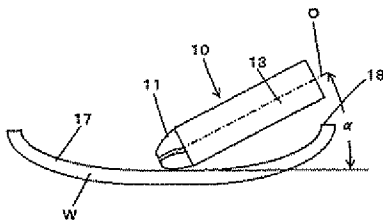
【0033】

10, 21…エンドミル、11…円弧切れ刃、12…回転軸線、13…シャンク、14…円弧、15…仮想回転体、16…後端、R…半径、17…被加工凹曲面、18…縁部、19, 20…カスプ、22…5軸数値制御工作機械、23…ベッド、24…コラム、25, 27, 30, 32…サーボモータ、26…主軸ヘッド、28…主軸、29…テーブル、31…チルトテーブル、33…回転テーブル（ワークテーブル）、34…数値制御装置、O…回転軸線、W…工作物。

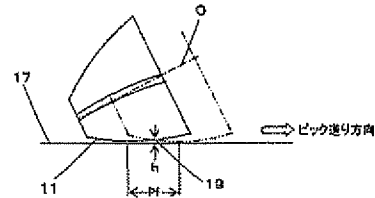
【図1】



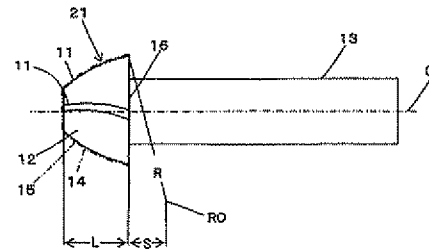
【図2】



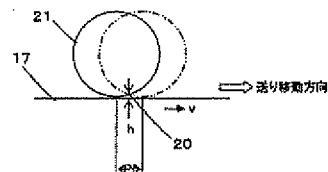
【図3】



【図4】

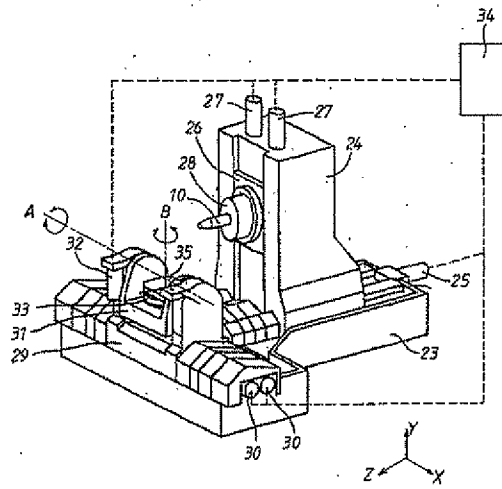


【図5】

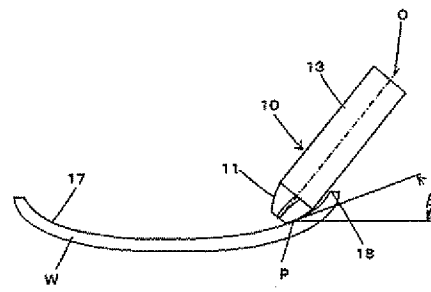




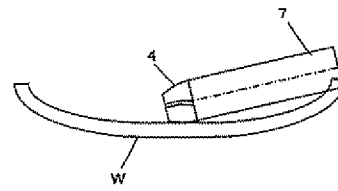
【図6】



【図7】



【図8】



(72)発明者 濱田 賢治

大阪府大阪市中央区南船場3丁目5番8号 株式会社ジェイテクト内

(72)発明者 山田 良彦

大阪府大阪市中央区南船場3丁目5番8号 株式会社ジェイテクト内

Fターム(参考) 3C022 KK02 KK25